Linguagens de Programação

Prof. Miguel Elias Mitre Campista

http://www.gta.ufrj.br/~miguel

Parte II

Introdução à Programação em C++
(Continuação)

Relembrando da Última Aula...

- Tratamento de exceção
- Mais exemplos de programação orientada a objetos...

STL (*Standard Template Library*)

- Componentes baseados em templates poderosos
  - Contêineres: estrutura de dados template
  - Iteradores: como ponteiros, acessam elementos dos contêineres
  - Algoritmos: manipulação de dados, busca, ordenação etc.
- Programação orientada a objetos
  - **Reuso**!
    - Estruturas de dados podem também ser feitas através de construções com ponteiros → listas, árvores, filas etc.
      - Dificuldade de programação

STL (*Standard Template Library*)

- Uso de estruturas em alto nível
  - Uma vez definido o conteúdo das estruturas...
    - Acesso e armazenamento podem ser realizados através de classes da biblioteca STL
      - Programação genérica
- Enorme biblioteca de classes

Contêineres

- Classificados em três tipos:
  - Contêineres sequenciais
    - Estrutura de dados linear (vetores, listas encadeadas)
    - **Contêineres de primeira classe**
  - Contêineres associativos
    - Não lineares, podem encontrar elementos rapidamente
    - Armazenamento por pares de chave-valor
    - **Contêineres de primeira classe**
  - Contêineres adaptados
    - Versões limitadas (adaptadas) de contêineres de primeira classe

Contêineres

- Contêineres próximos
  - Similares aos contêineres de primeira classe, mas com funcionalidade reduzida
    - Ex.: Arrays baseados em ponteiros, strings, bitsets para armazenamento de flags etc.
- Contêineres têm algumas funções comuns
  - Subconjuntos de contêineres parecidos possuem funções comuns
    - Convite à extensão

Classes STL Contêineres

- Contêineres sequenciais
  - `vector`
  - `deque`
  - `list`
- Contêineres associativos
  - `set`
  - `multiset`
  - `map`
  - `multimap`

Classes STL Contêineres

- Contêineres adaptados
  - `stack`
  - `queue`
  - `priority_queue`

Funções Membro Comuns STL

- Funções membro para todos os contêineres
  - Construtor padrão, construtor de cópia, destrutor
  - `empty`
  - `size`
  - `= < <= > >= == !=`
  - `swap`
- Funções para contêineres de primeira classe
  - `begin`, `end`
  - `rbegin`, `rend`
  - `erase`, `clear`
  - `max_size`

Typedefs Comuns STL

- `typedefs` para contêineres de primeira classe
  - Simplificam a chamada a nomes de estruturas mais o tipo para o qual elas estão sendo utilizadas
    - Ex.: `value_type` é um `typedef` do tipo de elemento armazenado em um contêiner
    - Ainda tem...
      - `reference, const_reference`
      - `pointer`
      - `iterator, const_iterator`
      - `reverse_iterator, const_reverse_iterator`
      - `difference_type, size_type`

Iteradores

- Funcionalidade similar a dos ponteiros
  - Apontam para elementos em contêiner de primeira classe
  - Certas operações com iteradores são as mesmas para todos os contêineres
    - `*` desreferencia
    - `++` aponta para o próximo elemento
    - `begin()` retorna o iterador do primeiro elemento
    - `end()` retorna iterador do elemento depois do último

Iteradores

- Funcionalidade similar a dos ponteiros
  - Objetos do tipo:
    - **`iterator`**
      - Se refere ao elemento que pode ser modificado
    - **`const_iterator`**
      - Se refere ao elemento que **não** pode ser modificado
  - Podem ser usados para acessar sequências (intervalos)
    - Em contêineres
    - Em sequências de entrada: **`istream_iterator`**
    - Em sequências de saída: **`ostream_iterator`**

Uso dos Iteradores

- **`std::istream_iterator<int> inputInt( cin )`**
  - Pode ler entrada de `cin`
  - **`*inputInt`**
    - Desreferencia para ler o primeiro **`int`** de **`cin`**
  - **`++inputInt`**
    - Vai para o próximo **`int`** na sequência de entrada

Uso dos Iteradores

- **`std::ostream_iterator<int> outputInt(cout)`**
  - Pode retornar `ints` para o `cout`
  - **`*outputInt = 7`**
    - Retorna 7 para o **`cout`**
  - **`++outputInt`**
    - Avança iterador para retornar o próximo **`int`** da sequência

Primeiro Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 1
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <iterator>  // ostream_iterator e istream_iterator

using namespace std;

int main() {
    cout << "Enter two integers: ";

    // cria istream_iterator para leitura de valores int de cin
    istream_iterator< int > inputInt( cin );

    int number1 = *inputInt;  // lê int da entrada padrão
    ++inputInt;               // move iterador para o próximo valor de entrada
    int number2 = *inputInt;  // lê int da entrada padrão

    // cria ostream_iterator para escrita de valores int em cout
    ostream_iterator< int > outputInt( cout );

    cout << "The sum is: ";
    *outputInt = number1 + number2;  // retorna resultado para cout
    cout << endl;

    return 0;
}
```

Primeiro Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 1
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <iterator>  // ostream_iterator e istream_iterator

using namespace std;
```

```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula21-ex1.exe
Enter two integers: 1 2
The sum is: 3
Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```

```
    // cria ostream_iterator para escrita de valores int em cout
    ostream_iterator< int > outputInt( cout );

    cout << "The sum is: ";
    *outputInt = number1 + number2;  // retorna resultado para cout
    cout << endl;

    return 0;
}
```

Primeiro Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 1
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <iterator> // ostream_iterator e istream_iterator

using namespace std;

int main() {
    cout << "Enter two integers: ";

    // Cria istream_iterator para leitura de valores int de cin
    istream_iterator<int> inputInt (cin);

    int number1 = *inputInt; // Lê int da entrada padrão
    //++inputInt;
    int number2 = *inputInt; // Lê int da entrada padrão

    // Cria ostream_iterator para escrita de valores int em cout
    ostream_iterator<int> outputInt (cout);

    cout << "The sum is: ";
    *outputInt = number1 + number2; // retorna resultado para cout
    cout << endl;

    return 0;
}
```

Primeiro Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 1
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <iterator> // ostream_iterator e istream_iterator

using namespace std;

int main() {
    cout << "Enter two integers: ";

    // Cria istream_iterator para leitura de valores int de cin
    istream_iterator<int> inputInt (cin);

    int number1 = *inputInt; // Lê int da entrada padrão
    //++inputInt;
    int number2 = *inputInt; // Lê int da entrada padrão

    // Cria ostream_iterator para escrita de valores int em cout
    ostream_iterator<int> outputInt (cout);

    cout << "The sum is: ";
    *outputInt = number1 + number2; // retorna resultado para cout
    cout << endl;

    return 0;
}
```

E se comentar o `++inputInt`?

Primeiro Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 1
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <iterator> // ostream_iterator e istream_iterator

using namespace std;
```

```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula21-ex0.exe
Enter two integers: 2
The sum is: 4
Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```

```
int main() {
    cout << "Enter two integers: ";

    // Cria istream_iterator para leitura de valores int de cin
    istream_iterator<int> inputInt (cin);

    int number1 = *inputInt; // Lê int da entrada padrão
    //++inputInt;
    int number2 = *inputInt; // Lê int da entrada padrão

    // Cria ostream_iterator para escrita de valores int em cout
    ostream_iterator<int> outputInt (cout);

    cout << "The sum is: ";
    *outputInt = number1 + number2; // retorna resultado para cout
    cout << endl;

    return 0;
}
```

Categorias de Iteradores

- Entrada (*Input*)
  - Lê elementos do contêiner
  - Move somente na direção direta (do início para o fim)
- Saída (*Output*)
  - Escreve elementos no contêiner
  - Move somente na direção direta (do início para o fim)
- Encaminhamento (*Forward*)
  - Combina entrada com saída
  - Retém posição no contêiner (pode informar estado)

Categorias de Iteradores

- Bidirecional (*Bidirectional*)
  - Como o de encaminhamento, mas pode também retroceder
- Acesso aleatório (*Random access*)
  - Como bidirecional, mas pode também saltar para qualquer elemento

Iteradores de entrada são os mais simples enquanto os de acesso aleatório são os mais poderosos

Iteradores são usados somente em contêineres de primeira classe (sequenciais e associativos)

Tipos de Iteradores Suportados

- Contêineres sequenciais
  - `vector`: acesso aleatório
  - `deque`: acesso aleatório
  - `list`: bidirecional
- Contêineres associativos (todos bidirecionais)
  - `set`
  - `multiset`
  - `map`
  - `multimap`

Tipos de Iteradores Suportados

- Contêineres adaptados (não há suporte a iteradores)
  - `stack`
  - `queue`
  - `priority_queue`

Operações de Iteradores

- Todos
  - `++p, p++`
  - `p = p1`
- Iteradores de entrada
  - `*p` (pode ser desreferenciado como um *rvalue*)
  - `p == p1, p != p1`
- Iteradores de saída
  - `*p = t` (pode ser desreferenciado como um *lvalue*)
- Iteradores de encaminhamento
  - Têm funcionalidade de iteradores de entrada e saída

Operações de Iteradores

- Bidirecional
  - Têm funcionalidade de iteradores de encaminhamento
  - `--p, p--`
- Acesso aleatório
  - Têm funcionalidade de iteradores bidirecional
  - `p + i, p += i`
  - `p - i, p -= i`
  - `p[i]`
  - `p < p1, p <= p1`
  - `p > p1, p >= p1`

Introdução aos Algoritmos

- STL tem algoritmos genéricos usados com contêineres
  - Opera indiretamente em elementos via iteradores
  - Frequentemente opera em sequência de elementos
    - Definido por pares de iteradores (primeiro e último elemento)
  - Algoritmos frequentemente retornam iteradores
    - `find()`
      - Retorna iterador para elemento ou `end()` se não encontrado
  - Algoritmos pré-construídos economizam tempo e esforço dos programadores

Contêineres Sequenciais

- Três contêineres sequenciais
  - `vector` - baseado em arrays
  - `deque` - baseado em arrays
  - `list` – lista encadeada robusta

Contêiner Sequencial `vector`

- **`vector`**
  - `<vector>`
  - Estrutura de dados com alocação de memória sequencial
    - Acessa elementos com `[]`
  - Usado quando os dados devem ser ordenados e facilmente acessível
  - Mais eficientes se inserções forem feitas apenas no final

Contêiner Sequencial `vector`

- **`vector`**
  - Quando memória estiver esgotada...
    - Aloca maior área sequencial de memória
    - Copia ele mesmo lá
    - Desaloca memória antiga
  - Tem iteradores de acesso aleatório

Contêiner Sequencial vector

- Declaração
  - `std::vector <type> v;`
    - *type*: `int`, `float` etc.
- Iteradores
  - `std::vector<type>::const_iterator iterVar;`
    - `const_iterator` não pode modificar elementos
  - `std::vector<type>::reverse_iterator iterVar;`
    - Visita elementos na ordem reversa (fim para o início)
    - Usa `rbegin` para receber ponto de início na ordem reversa
    - Usa `rend` para receber ponto final na ordem reversa

Contêiner Sequencial vector

- Funções `vector`
  - `v.push_back(value)`
    - Adiciona elemento ao final (encontrado em todos os contêineres sequenciais)
  - `v.size()`
    - Número de elementos no vector
  - `v.capacity()`
    - Quanto o vector pode inserir antes de realocar memória
      - Realocação dobra tamanho atual

Contêiner Sequencial vector

- Funções `vector`
  - `vector<type> v(a, a + SIZE)`
    - Cria `vector v` com elementos do array `a` até o (não incluindo) `a + SIZE`
  - `v.insert(iterator, value )`
    - Insere *value* antes do posicionamento do *iterator*
  - `v.insert(iterator, array , array + SIZE)`
    - Insere elementos do array (até, mas não incluindo *array + SIZE)* antes do posicionamento do *iterator*

Contêiner Sequencial vector

- Funções `vector`
  - `v.erase( iterator )`
    - Remove elemento do contêiner
  - `v.erase( iter1, iter2 )`
    - Remove elementos começando do `iter1` e até (não incluindo) `iter2`
  - `v.clear()`
    - Apaga todo o contêiner

Contêiner Sequencial vector

- Operações de funções `vector`
  - `v.front(), v.back()`
    - Retorna uma referência para o primeiro e último elemento no contêiner, respectivamente
  - `v[elementNumber] = value;`
    - Atribui `value` a um elemento
  - `v.at(elementNumber) = value;`
    - Como acima, com checagem de intervalo
    - Exceção `out_of_bounds`

Contêiner Sequencial vector

- `ostream_iterator`
  - `std::ostream_iterator< type > Name( outputStream, separator );`
    - *type*: retorna valores de um certo tipo
    - `outputStream`: localização do iterador de saída
    - `separator`: caractere separador da saída
- Ex.:
  - `std::ostream_iterator< int > output( cout, " " );`
  - `std::copy( iterator1, iterator2, output );`
    - Copia elementos do `iterator1` até (não incluindo) o `iterator2` na saída, um `ostream_iterator`

Segundo Exemplo Usando STL em C++

```
#include <iostream>
#include <vector>

using namespace std;

void print (vector <int> &vec) {
        for (auto x : vec)
                cout << x << ' ';
        cout << endl;
}

int main () {

        vector <int> v (1);
        v.push_back (1);
        v.push_back (2);

        cout << endl << v.size () << ' ' << v.capacity () << endl;
        print (v);

        vector <int> vv (5);
        vv.push_back (1);
        vv.push_back (2);
        vv.push_back (3);
        vv.push_back (4);
        vv.push_back (5);
        vv.push_back (6);
        vv.push_back (7);
        vv.push_back (8);
        vv.push_back (9);
        vv.push_back (10);
        vv.push_back (11);

        cout << endl << vv.size () << ' ' << vv.capacity () << endl;
        print (vv);

        return 0;
}
```


Segundo Exemplo Usando STL em C++

Tipo `auto` assume o tipo relativo aos elementos inseridos no contêiner

```
#include <iostream>
#include <vector>

using namespace std;

void print (vector <int> &vec) {
        for (auto x : vec)
                cout << x << ' ';
        cout << endl;
}

int main () {

        vector <int> v (1);
        v.push_back (1);
        v.push_back (2);

        cout << endl << v.size () << ' ' << v.capacity () << endl;
        print (v);

        vector <int> vv (5);
        vv.push_back (1);
        vv.push_back (2);
        vv.push_back (3);
        vv.push_back (4);
        vv.push_back (5);
        vv.push_back (6);
        vv.push_back (7);
        vv.push_back (8);
        vv.push_back (9);
        vv.push_back (10);
        vv.push_back (11);

        cout << endl << vv.size () << ' ' << vv.capacity () << endl;
        print (vv);

        return 0;
}
```


Segundo Exemplo Usando STL em C++

Capacidade é dobrada toda vez que a memória acaba e um novo elemento é inserido

Tipo `auto` requer uso do compilador para versão 11

```
...disciplinas/linguagens/c++/stl> g++ -Wall -std=c++11 vectorCapacity.cpp -o v
...disciplinas/linguagens/c++/stl> ./v
0 4
4 4
16 20
0 0 0 0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
```


Terceiro Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 2
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <vector>  // definição da classe template vector

using namespace std;

// protótipo para função template printVector
template < class T >
void printVector( const vector< T > &integers2 );

int main() {
    const int SIZE = 6;
    int array[ SIZE ] = { 1, 2, 3, 4, 5, 6 };

    vector< int > integers;

    cout << "The initial size of integers is: "
         << integers.size()
         << "\nThe initial capacity of integers is: "
         << integers.capacity();

    // função push_back está em todas as sequências
    integers.push_back( 2 );
    integers.push_back( 3 );
    integers.push_back( 4 );

    cout << "\nThe size of integers is: " << integers.size()
         << "\nThe capacity of integers is: "
         << integers.capacity();
```

Terceiro Exemplo Usando STL em C++

```
    cout << "\n\nOutput array using pointer notation: ";

    for ( int *ptr = array; ptr != array + SIZE; ++ptr )
        cout << *ptr << ' ';

    cout << "\nOutput vector using iterator notation: ";
    printVector( integers );

    cout << "\nReversed contents of vector integers: ";
    vector< int >::reverse_iterator reverseIterator;

    for ( reverseIterator = integers.rbegin();
          reverseIterator!= integers.rend();
          ++reverseIterator )
        cout << *reverseIterator << ' ';

    cout << endl;

    return 0;
}

// função template para exibir elementos do vector
template < class T >
void printVector( const vector< T > &integers2 ) {
    // prefixo class é necessário pq o compilador não pode definir
    // se vector< T >::const_iterator é uma especialização ou não
    class vector< T >::const_iterator constIterator;

    for ( constIterator = integers2.begin();
          constIterator != integers2.end();
          constIterator++ )
        cout << *constIterator << ' ';
}
```

Segundo Exemplo Usando STL em C++

```
    cout << "\n\nOutput array using pointer notation: ";

    for ( int *ptr = array; ptr != array + SIZE; ++ptr )
        cout << *ptr << ' ';

    cout << "\nOutput vector using iterator notation: ";
    printVector( integers );

    cout << "\nReversed contents of vector integers: ";
```

```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula21-ex2.exe
The initial size of integers is: 0
The initial capacity of integers is: 0
The size of integers is: 3
The capacity of integers is: 4

Output array using pointer notation: 1 2 3 4 5 6
Output vector using iterator notation: 2 3 4
Reversed contents of vector integers: 4 3 2
Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```

```
template < class T >
void printVector( const vector< T > &integers2 ) {
    // prefixo class é necessário pq o compilador não pode definir
    // se vector< T >::const_iterator é uma especialização ou não
    class vector< T >::const_iterator constIterator;

    for ( constIterator = integers2.begin();
          constIterator != integers2.end();
          constIterator++ )
        cout << *constIterator << ' ';
}
```

Quarto Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 3
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <vector>     // definição da classe template vector
#include <algorithm>  // algoritmo de cópia
#include <iterator>
#include <stdexcept>

using namespace std;

int main() {
    const int SIZE = 6;
    int array[ SIZE ] = { 1, 2, 3, 4, 5, 6 };

    vector< int > integers( array, array + SIZE );
    ostream_iterator< int > output( cout, " " );

    cout << "Vector integers contains: ";
    copy( integers.begin(), integers.end(), output );

    cout << "\nFirst element of integers: " << integers.front()
         << "\nLast element of integers: " << integers.back();

    integers[ 0 ] = 7;      // atribui ao primeiro elemento o 7
    integers.at( 2 ) = 10;  // atribui ao elemento na posição 2 o 10
```

Quarto Exemplo Usando STL em C++

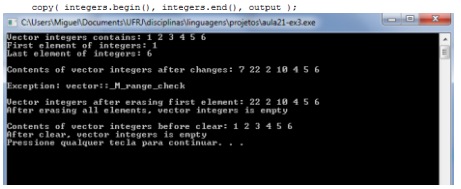
```
// insere 22 como 2o elemento
integers.insert( integers.begin() + 1, 22 );

cout << "\n\nContents of vector integers after changes: ";
copy( integers.begin(), integers.end(), output );

// accessa elemento fora do intervalo
try {
      integers.at( 100 ) = 777;
}

// pega exceção out_of_range
catch ( out_of_range outOfRange ) {
      cout << "\n\nException: " << outOfRange.what();
}

// apaga primeiro elemento
integers.erase( integers.begin() );
cout << "\n\nVector integers after erasing first element: ";
copy( integers.begin(), integers.end(), output );

// apaga elementos restantes
integers.erase( integers.begin(), integers.end() );
cout << "\nAfter erasing all elements, vector integers "
     << ( integers.empty() ? "is" : "is not" ) << " empty";
```


Quarto Exemplo Usando STL em C++

```
// insere elementos do array
integers.insert( integers.begin(), array, array + SIZE );
cout << "\n\nContents of vector integers before clear: ";
copy( integers.begin(), integers.end(), output );

// esvazia inteiros; chamada clear apaga para esvaziar todos os elementos
integers.clear();
cout << "\nAfter clear, vector integers "
     << ( integers.empty() ? "is" : "is not" ) << " empty";
cout << endl;

return 0;
}
```


Quarto Exemplo Usando STL em C++

```
// insere elementos do array
integers.insert( integers.begin(), array, array + SIZE );
cout << "\n\nContents of vector integers before clear: ";
copy( integers.begin(), integers.end(), output );
```



Contêiner Sequencial `list`

- Contêiner `list`
  - Cabeçalho `<list>`
  - Inserção/remoção eficiente em qualquer lugar no contêiner
  - Lista duplamente encadeada (dois ponteiros por nó)
    - Um para elemento anterior outro para elemento posterior
  - Iteradores bidirecionais

Uso: `std::list< type > name;`

Contêiner Sequencial `list`

- Funções `list` para o objeto `l`
  - `l.sort()`
    - Ordena em ordem crescente
  - `l.splice(iterator, otherObject );`
    - Insere valores de `otherObject` em `l` antes do iterador e remove os objetos de `otherObject`
  - `l.merge( otherObject )`
    - Remove `otherObject` e o insere em `l`, ordenado
  - `l.unique()`
    - Remove elementos duplicados

Contêiner Sequencial `list`

- Funções `list`
  - `l.swap(otherObject);`
    - Troca conteúdo de `l` com o de `otherObject`
  - `l.assign(iterator1, iterator2);`
    - Substitui conteúdo com elementos no intervalo dos iteradores
  - `l.remove(value);`
    - Apaga todas as instâncias de `value`

Quinto Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 4
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <list>       // definição da classe template list
#include <algorithm>  // algorithmo de cópia
#include <iterator>

using namespace std;

// protótipo da função template printList
template < class T >
void printList( const std::list< T > &listRef );

int main() {
    const int SIZE = 4;
    int array[ SIZE ] = { 2, 6, 4, 8 };

    list< int > values;
    list< int > otherValues;

    // insere itens em values
    values.push_front( 1 );
    values.push_front( 2 );
    values.push_back( 4 );
    values.push_back( 3 );

    cout << "values contains: ";
    printList( values );
```

Quinto Exemplo Usando STL em C++

```
    values.sort();  // ordena values

    cout << "\nvalues after sorting contains: ";
    printList( values );

    // insere elementos do array em otherValues
    otherValues.insert( otherValues.begin(),
                        array, array + SIZE );

    cout << "\nAfter insert, otherValues contains: ";
    printList( otherValues );

    // remove elementos de otherValues e insere no final de values
    values.splice( values.end(), otherValues );

    cout << "\nAfter splice, values contains: ";
    printList( values );

    values.sort();  // ordena values

    cout << "\nAfter sort, values contains: ";
    printList( values );

    // insere elementos do array em otherValues
    otherValues.insert( otherValues.begin(),
                        array, array + SIZE );
    otherValues.sort();

    cout << "\nAfter insert, otherValues contains: ";
    printList( otherValues );
```

Quinto Exemplo Usando STL em C++

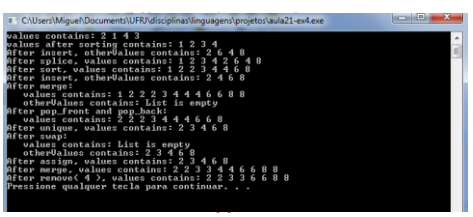
```
    // remove elementos de otherValues e insere ordenado em values
    values.merge( otherValues );

    cout << "\nAfter merge:\n   values contains: ";
    printList( values );
    cout << "\n   otherValues contains: ";
    printList( otherValues );

    values.pop_front();  // remove elemento da frente
    values.pop_back();   // remove elemento de trás

    cout << "\nAfter pop_front and pop_back:"
         << "\n   values contains: ";
    printList( values );

    values.unique();  // remove elementos duplicados

    cout << "\nAfter unique, values contains: ";
    printList( values );

    // troca elementos de values e otherValues
    values.swap( otherValues );

    cout << "\nAfter swap:\n   values contains: ";
    printList( values );
    cout << "\n   otherValues contains: ";
    printList( otherValues );

    // substitui conteúdo de values com elementos de otherValues
    values.assign( otherValues.begin(), otherValues.end() );

    cout << "\nAfter assign, values contains: ";
    printList( values );
```

Quinto Exemplo Usando STL em C++

```
    // remove elementos de otherValues e insere ordenado em values
    values.merge( otherValues );

    cout << "\nAfter merge, values contains: ";
    printList( values );

    values.remove( 4 );  // remove todos os quartos

    cout << "\nAfter remove( 4 ), values contains: ";
    printList( values );

    cout << endl;

    return 0;
}

// definição da função template printList; usa
// ostream_iterator e algoritmo de cópia exibir elementos da lista
template < class T >
void printList( const std::list< T > &listRef ) {
    if ( listRef.empty() )
        cout << "List is empty";
    else {
        ostream_iterator< T > output( cout, " " );
        copy( listRef.begin(), listRef.end(), output );
    }
}
```


Quinto Exemplo Usando STL em C++

```
    // remove elementos de otherValues e insere ordenado em values
    values.merge( otherValues );
```




```
    else {
        ostream_iterator< T > output( cout, " " );
        copy( listRef.begin(), listRef.end(), output );
    }
}
```

Contêiner Sequencial deque

- **deque** ("deek"): fila com final duplo (*double-ended queue*)
  - Header **<deque>**
  - Acesso indexado usando **[]**
  - Inserção/remoção eficiente na frente e no final
- Mesmas operações básicas como **vector**
  - Entretanto, também possui como nas listas
    - **push_front** (insere na frente do **deque**)
    - **pop_front** (remove da frente)

Sexto Exemplo Usando STL em C++

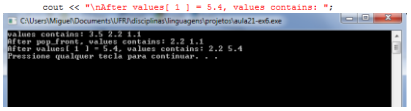
```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 6
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <deque>      // definição da classe template deque
#include <iterator>
#include <algorithm>  // algoritmo copy

using namespace std;

int main() {
    deque< double > values;
    ostream_iterator< double > output( cout, " " );

    // insere valores como elementos
    values.push_front( 2.2 );
    values.push_front( 3.5 );
    values.push_back( 1.1 );

    cout << "values contains: ";

    // usa operador sub-escrito para obter valores dos elementos
    for ( int i = 0; i < values.size(); ++i )
        cout << values[ i ] << ' ';

    values.pop_front();  // remove primeiro elemento

    cout << "\nAfter pop_front, values contain: ";
    copy( values.begin(), values.end(), output );
```


Sexto Exemplo Usando STL em C++

```
    // usa operador sub-escrito para modificar elemento na posição 1
    values[ 1 ] = 5.4;

    cout << "\nAfter values[ 1 ] = 5.4, values contains: ";
    copy( values.begin(), values.end(), output );

    cout << endl;

    return 0;
}
```


Sexto Exemplo Usando STL em C++

```
    // usa operador sub-escrito para modificar elemento na posição 1
    values[ 1 ] = 5.4;

    cout << "\nAfter values[ 1 ] = 5.4, values contains: ";
```



Contêineres Associativos

- Acesso direto para armazenar/recuperar elementos
- Usa chaves
  - Realiza busca por chaves
- Quatro tipos: **multiset**, **set**, **multimap** e **map**
  - Ordenados por chaves

Contêineres Associativos

- **multiset** e **set** manipulam conjunto de valores
  - Valores são as próprias chaves
- **multimap** e **map** manipulam valores associados com chaves
  - Possuem chaves e valores
- **multiset** e **multimap** permitem chaves duplicadas enquanto **set** e **map** não permitem

Contêiner Associativo `multiset`

- **`multiset`**
  - Header `<set>`
  - Armazenamento rápido, recuperação de chaves (sem valores)
  - Permite duplicatas
  - Iteradores bidirecionais

Contêiner Associativo `multiset`

- **`multiset`**
  - Ordenação de elementos
    - Feito por objeto com função comparadora (`operator<`)
      - Usado na criação do multiset
    - Para multiset inteiro
      - `less<int>` objeto com função comparadora
      - `multiset< int, std::less<int> > myObject;`
      - Elementos são armazenados em ordem crescente

Contêiner Associativo `multiset`

- Funções multiset
  - `ms.insert(value)`
    - Insere valor no multiset
  - `ms.count(value)`
    - Retorna número de ocorrências do ***`value`***
  - `ms.find(value)`
    - Retorna iterador para primeira ocorrência do ***`value`***
  - `ms.lower_bound(value)`
    - Retorna iterador para a primeira ocorrência do ***`value`***
  - `ms.upper_bound(value)`
    - Retorna iterador da primeira posição depois da última ocorrência do ***`value`***

Contêiner Associativo `multiset`

- Classe **`pair`**
  - Manipula pares de valores
  - Objeto `pair` contem `first` e `second`
    - `const_iterators`
  - Para um objeto `pair q`

    `q = ms.equal_range(value)`
    - Ajusta **`first`** e **`second`** para **`lower_bound`** e **`upper_bound`** para um dado ***`value`***

Sétimo Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 6
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <iterator>
#include <set>  // definição da classe template multiset

// define apelido para tipo multiset usado neste programa
typedef std::multiset< int, std::less< int > > ims;

#include <algorithm>  // algoritmo de cópia

using namespace std;

int main() {
    const int SIZE = 10;
    int a[ SIZE ] = { 7, 22, 9, 1, 18, 30, 100, 22, 85, 13 };

    ims intMultiset;  // ims é o typedef para "multiset inteiro"
    ostream_iterator< int > output( cout, " " );

    cout << "There are currently " << intMultiset.count( 15 )
         << " values of 15 in the multiset\n";

    intMultiset.insert( 15 );  // insere 15 no intMultiset
    intMultiset.insert( 15 );  // insere 15 no intMultiset

    cout << "After inserts, there are "
         << intMultiset.count( 15 )
         << " values of 15 in the multiset\n\n";

    // iterador que não pode ser usado para mudar valores de elementos
    ims::const_iterator result;
```

Sétimo Exemplo Usando STL em C++

```
// encontre (find) 15 em intMultiset; find retorna um iterador
result = intMultiset.find( 15 );

if ( result != intMultiset.end() ) // se iterador não estiver no fim
     cout << "Found value 15\n";     // busca encontrou valor 15

// encontre 20 em intMultiset; find retorna iterador
result = intMultiset.find( 20 );

if ( result == intMultiset.end() )    // será true então
     cout << "Did not find value 20\n"; // não encontrou 20

// insere elementos do array a no intMultiset
intMultiset.insert( a, a + SIZE );

cout << "\nAfter insert, intMultiset contains:\n";
copy( intMultiset.begin(), intMultiset.end(), output );

// determina limiar inferior e superior dos 22 no intMultiset
cout << "\n\nLower bound of 22: "
     << *( intMultiset.lower_bound( 22 ) );
cout << "\nUpper bound of 22: "
     << *( intMultiset.upper_bound( 22 ) );

// p representa par de const_iterators
pair< ims::const_iterator, ims::const_iterator > p;
```

Sétimo Exemplo Usando STL em C++

```
   // usa equal_range para determinar limiar inferior e superior
   // dos 22 no intMultiset
   p = intMultiset.equal_range( 22 );

   cout << "\n\nequal_range of 22:"
        << "\n   Lower bound: " << *( p.first )
        << "\n   Upper bound: " << *( p.second );

   cout << endl;

   return 0;
}
```


Sétimo Exemplo Usando STL em C++

```
   // usa equal_range para determinar limiar inferior e superior
   // dos 22 no intMultiset
   p = intMultiset.equal_range( 22 );

   cout << "\n\nequal_range of 22:"
```

```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula21-ex7.exe
There are currently 0 values of 15 in the multiset
After inserts, there are 2 values of 15 in the multiset

Found value 15
Did not find value 20

After insert, intMultiset contains:
1 7 9 13 15 15 18 22 22 30 85 100

Lower bound of 22: 22
Upper bound of 22: 30

equal_range of 22:
   Lower bound: 22
   Upper bound: 30
Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```


Contêiner Associativo `set`

- **`set`**
  - Header `<set>`
  - Implementação idêntica de **`multiset`**
  - Chaves únicas
    - Duplicatas ignoradas e não inseridas
  - Suporta iteradores bidirecionais
    - Mas não acesso aleatório
  - `std::set< type, std::less<type> > name;`


```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 7
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <iterator>
#include <set>  // definição da classe template multiset

// define apelido para tipo multiset usado neste programa
typedef std::set< double, std::less< double > > double_set;

#include <algorithm>  // algoritmo de cópias

using namespace std;

int main() {
   const int SIZE = 5;
   double a[ SIZE ] = { 2.1, 4.2, 9.5, 2.1, 3.7 };

   double_set doubleSet( a, a + SIZE );
   ostream_iterator< double > output( cout, " " );

   cout << "doubleSet contains: ";
   copy( doubleSet.begin(), doubleSet.end(), output );

   // p representa par contendo const_iterator e bool
   pair< double_set::const_iterator, bool > p;

   // insere 13.8 em doubleSet; inserção retorna pair no qual
   // p.first representa posição de 13.8 no doubleSet e
   // p.second representa se 13.8 foi inserido
   p = doubleSet.insert( 13.8 ); // value que não está em set

   cout << "\n\n" << *( p.first )
        << ( p.second ? " was" : " was not" ) << " inserted";
```

Oitavo Exemplo Usando STL em C++

```
   cout << "\ndoubleSet contains: ";
   copy( doubleSet.begin(), doubleSet.end(), output );

   // insere 9.5 no doubleSet
   p = doubleSet.insert( 9.5 );  // value já no set

   cout << "\n\n" << *( p.first )
        << ( p.second ? " was" : " was not" ) << " inserted";

   cout << "\ndoubleSet contains: ";
   copy( doubleSet.begin(), doubleSet.end(), output );

   cout << endl;

   return 0;
}
```


Oitavo Exemplo Usando STL em C++

```
   cout << "\ndoubleSet contains: ";
   copy( doubleSet.begin(), doubleSet.end(), output );

   // insere 9.5 no doubleSet
   p = doubleSet.insert( 9.5 );  // value já no set

   cout << "\n\n" << *( p.first )
```

```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula21-ex8.exe
doubleSet contains: 2.1 3.7 4.2 9.5

13.8 was inserted
doubleSet contains: 2.1 3.7 4.2 9.5 13.8

9.5 was not inserted
doubleSet contains: 2.1 3.7 4.2 9.5 13.8
Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```

Contêiner Associativo `multimap`

- **`multimap`**
  - Header `<map>`
  - Armazenamento rápido e recuperação de chaves e valores associados
    - Tem pares chave/valor
  - Chaves duplicadas são permitidas (múltiplos valores para uma única chave)
    - Relação um-para-muitos
      - Ou seja, um estudante pode fazer múltiplos cursos
  - Insere objetos `pair` (com uma chave e valor)
  - Iteradores bidirecionais

Contêiner Associativo `multimap`

- Ex.

```
std::multimap< int, double, std::less< int > >
  mmapObject;
```

  - Tipo de chave `int` e tipo de valor `double`
  - Ordenados em ordem crescente das chaves
    - Usa `typedef` para simplificar o código

```
typedef std::multimap<int, double, std::less<int>>
  mmid;
mmid mmapObject;
mmapObject.insert(mmid::value_type(1, 3.4));
```

  - Insere chave `1` com valor `3.4`
  - `mmid::value_type` cria um objeto `pair`

Nono Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 – Exemplo 8
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <iterator>
#include <map>  // definição da classe template map

using namespace std;

// define apelido para tipo multimap usado neste programa
typedef multimap< int, double, less< int > > mmid;

int main() {
    mmid pairs;

    cout << "There are currently " << pairs.count( 15 )
         << " pairs with key 15 in the multimap\n";

    // insere dois objetos valor_tipo em pairs
    pairs.insert( mmid::value_type( 15, 2.7 ) );
    pairs.insert( mmid::value_type( 15, 99.3 ) );

    cout << "After inserts, there are "
         << pairs.count( 15 )
         << " pairs with key 15\n\n";
```


Nono Exemplo Usando STL em C++

```
    // insere cinco objetos valor_tipo em pairs
    pairs.insert( mmid::value_type( 30, 111.11 ) );
    pairs.insert( mmid::value_type( 10, 22.22 ) );
    pairs.insert( mmid::value_type( 25, 33.333 ) );
    pairs.insert( mmid::value_type( 20, 9.345 ) );
    pairs.insert( mmid::value_type( 5, 77.54 ) );

    cout << "Multimap pairs contains:\nKey\tValue\n";

    // usa const_iterator para percorrer os elementos de pairs
    for ( mmid::const_iterator iter = pairs.begin();
                               iter != pairs.end(); ++iter )
        cout << iter->first << '\t'
             << iter->second << '\n';
    cout << endl;

    return 0;
}
```


Nono Exemplo Usando STL em C++

```
// insere cinco objetos valor_tipo em pairs
pairs.insert( mmid::value_type( 30, 111.11 ) );
pairs.insert( mmid::value_type( 10, 22.22 ) );
pairs.insert( mmid::value_type( 25, 33.333 ) );
pairs.insert( mmid::value_type( 20, 9.345 ) );
```

```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula21-ex9.exe
There are currently 0 pairs with key 15 in the multimap
After inserts, there are 2 pairs with key 15

Multimap pairs contains:
Key     Value
5       77.54
10      22.22
15      2.7
15      99.3
20      9.345
25      33.333
30      111.11

Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```


Contêiner Associativo `map`

- **`map`**
  - Header `<map>`
  - Como `multimap`, mas somente pares chave/valor únicos
    - Mapeamento um-para-um (duplicatas ignoradas)
  - Usa `[]` para acessar valores
  - Ex.: para objeto `map m`

```
m[30] = 4000.21;
```

    - Ajusta o valor da chave 30 para `4000.21`

- Declaração de tipo
  - `std::map< int, double, std::less< int > >;`

Décimo Exemplo Usando STL em C++

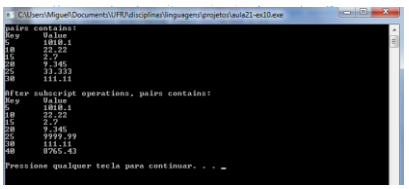
```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 9
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <iterator>
#include <map>  // definição da classe template map

using namespace std;

// define apelido para tipo multimap usado neste programa
typedef map< int, double, less< int > > mid;

int main() {
    mid pairs;

    // insere oito objetos valor_tipo em pairs
    pairs.insert( mid::value_type( 15, 2.7 ) );
    pairs.insert( mid::value_type( 30, 111.11 ) );
    pairs.insert( mid::value_type( 5, 1010.1 ) );
    pairs.insert( mid::value_type( 10, 22.22 ) );
    pairs.insert( mid::value_type( 25, 33.333 ) );
    pairs.insert( mid::value_type( 5, 77.54 ) ); // dup ignorado
    pairs.insert( mid::value_type( 20, 9.345 ) );
    pairs.insert( mid::value_type( 15, 99.3 ) ); // dup ignorado

    cout << "pairs contains:\nKey\tValue\n";

    // usa const_iterator para percorrer elementos de pairs
    for ( mid::const_iterator iter = pairs.begin();
                              iter != pairs.end(); ++iter )
        cout << iter->first << '\t'
             << iter->second << '\n';
```

Décimo Exemplo Usando STL em C++

```
    // usa operador sub-escrito para mudar valor da chave 25
    pairs[ 25 ] = 9999.99;

    // usa operador sub-escrito para inserir valo para chave 40
    pairs[ 40 ] = 8765.43;

    cout << "\nAfter subscript operations, pairs contains:"
         << "\nKey\tValue\n";

    for ( mid::const_iterator iter2 = pairs.begin();
                              iter2 != pairs.end(); ++iter2 )
        cout << iter2->first << '\t'
             << iter2->second << '\n';
    cout << endl;

    return 0;
}
```


Décimo Exemplo Usando STL em C++

```
    // usa operador sub-escrito para mudar valor da chave 25
    pairs[ 25 ] = 9999.99;
```



Contêiner Associativo `map`

- **`map`**
  - Se sub-escrito não estiver no `map`, um novo par chave/valor é criado
    - Logo, uma sentença como

      `m [30] = 100;`

      insere um par na estrutura
    - Já uma chamada como

      `cout << m [1];`

      insere o par chave = 1 e valor = 0 se `m [1]` não pertencer à estrutura

Contêineres Adaptados

- Contêineres adaptados
  - `stack`, `queue` e `priority_queue`
  - Não são contêineres de primeira classe
    - Não suportam iteradores
    - Não provêem estrutura de dados atual
  - Programador pode selecionar implementação
  - Funções membro `push` e `pop`

Adaptador `stack`

- **`stack`**
  - Header `<stack>`
  - Inserções e remoções em uma extremidade
  - Estrutura de dados last-in, first-out (LIFO)
  - Pode usar `vector`, `list`, ou `deque` (padrão)
  - Declarações

    `stack<type, vector<type> > myStack;`

    `stack<type, list<type> > myOtherStack;`

    `stack<type> anotherStack; // padrão deque`
    - **`vector`, `list`**
      - Implementação de `stack` (padrão `deque`)
      - Não muda comportamento, apenas desempenho (`deque` e `vector` mais rápidos)

Décimo Primeiro Exemplo Usando STL em C++

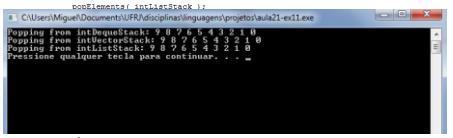
```
/* Aula 21 - Exemplo 10
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <iterator>
#include <list>  // definição da classe template list
#include <vector>  // definição da classe template vector
#include <stack>  // definição adaptação stack

using namespace std;

// protótipo da função template popElements
template< class T >
void popElements( T &stackRef );

int main() {
   // stack com deque padrão
   stack< int > intDequeStack;

   // stack com vector
   stack< int, std::vector< int > > intVectorStack;

   // stack com list
   stack< int, std::list< int > > intListStack;

   // push os valores 0-9 na stack
   for ( int i = 0; i < 10; ++i ) {
      intDequeStack.push( i );
      intVectorStack.push( i );
      intListStack.push( i );
   }
```

Décimo Primeiro Exemplo Usando STL em C++

```
   // display and remove elements from each stack
   cout << "Popping from intDequeStack: ";
   popElements( intDequeStack );
   cout << "\nPopping from intVectorStack: ";
   popElements( intVectorStack );
   cout << "\nPopping from intListStack: ";
   popElements( intListStack );

   cout << endl;

   return 0;
}

// pop elementos do objeto stack para a qual stackRef se refere
template< class T >
void popElements( T &stackRef ) {
   while ( !stackRef.empty() ) {
      cout << stackRef.top() << ' ';  // vê elemento do topo
      stackRef.pop();                 // remove elemento do topo
   }
}
```


Décimo Primeiro Exemplo Usando STL em C++

```
   // display and remove elements from each stack
   cout << "Popping from intDequeStack: ";
   popElements( intDequeStack );
   cout << "\nPopping from intVectorStack: ";
   popElements( intVectorStack );
   cout << "\nPopping from intListStack: ";
   popElements( intListStack );
```




```
   cout << endl;

   return 0;
}
```


Adaptador queue

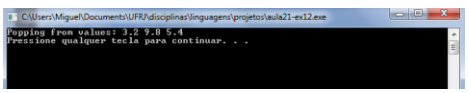
- **queue**
  - Header **<queue>**
  - Inserções no final, remoções na frente
  - Estrutura de dados first-in-first-out (FIFO)
  - Implementada com **list** ou **deque** (padrão)
    - **std::queue<double> values;**
- Funções
  - **push(elemento)**
    - Mesmo que **push_back**, adicionar no final
  - **pop(element)**
    - Implementado com **pop_front**, remove da frente
  - **empty()** e **size()**

Décimo Segundo Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 11
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <queue>  // definição adaptação queue

using namespace std;

int main() {
   queue< double > values;

   // push elementos em valores da queue
   values.push( 3.2 );
   values.push( 9.8 );
   values.push( 5.4 );

   cout << "Popping from values: ";

   while ( !values.empty() ) {
      cout << values.front() << ' ';  // vê elementos da frente
      values.pop();                   // remove elemento
   }
   cout << endl;

   return 0;
}
```

Décimo Segundo Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 11
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <queue>  // definição adaptação queue

using namespace std;
```




```
   cout << "Popping from values: ";

   while ( !values.empty() ) {
      cout << values.front() << ' ';  // vê elementos da frente
      values.pop();                   // remove elemento
   }
   cout << endl;

   return 0;
}
```

Adaptador `priority_queue`

- **`priority_queue`**
  - Header `<queue>`
  - Inserções acontecem ordenadas, remoções da frente
  - Implementada com `vector` (padrão) ou `deque`
  - Elemento de **prioridade mais alta** é sempre removido primeiro
    - Algoritmo heapsort coloca elementos maiores na frente
    - `less<T>` padrão, programador especifica outro comparador
  - Funções
    - `push(value)`, `pop(value)`
    - `top()`
      - Vê elemento do topo
    - `size()` e `empty()`

Adaptador `priority_queue`

- **`priority_queue`**
  - Diferente dos anteriores, a classe template `priority_queue` possui três parâmetros:
    - Tipo dos elementos
    - Contêiner
    - Classe de comparação: Pode ser uma classe implementando uma função ou um ponteiro para uma função

```
template < class T, class Container =
vector<T>, class Compare = less<typename
Container::value_type> > class
priority_queue;
```


Décimo Terceiro Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 12
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <queue>  // definição adaptação priority_queue

using namespace std;

int main() {
    priority_queue< double > priorities;

    // push elementos em valores da priorities
    priorities.push( 3.2 );
    priorities.push( 9.8 );
    priorities.push( 5.4 );

    cout << "Popping from priorities: ";

    while ( !priorities.empty() ) {
          cout << priorities.top() << ' ';  // vê elementos da frente
          priorities.pop();                 // remove elemento
    }
    cout << endl;

    return 0;
}
```


Décimo Terceiro Exemplo Usando STL em C++

```
/*
 * Aula 21 - Exemplo 12
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <queue>  // definição adaptação priority_queue

using namespace std;
```

```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula21-ex13.exe
Popping from priorities: 9.8 5.4 3.2
Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```

```
    while ( !priorities.empty() ) {
          cout << priorities.top() << ' ';  // vê elementos da frente
          priorities.pop();                 // remove elemento
    }
    cout << endl;

    return 0;
}
```


Exemplo 1

- Escreva um programa que implemente a classe Sistema para armazenamento de cadastros em uma estrutura STL do tipo map. A classe Sistema ainda deve sobrecarregar o operador << para exibir todos os dados relacionados com os cadastros armazenados. A chave deve ser o nome e o valor deve ser um ponteiro para um objeto da classe Cadastro. A classe Cadastro deve possuir dois atributos privados (nome e cargo) e métodos para obter tais atributos.

Exemplo 1

```
#include <iostream>
#include "sistemaCap21ex14.h"

using namespace std;

int main() {
    Sistema s;

    // Inserção fora de ordem para posterior ordenação
    s.insere ("Miguel", "Professor");
    s.insere ("Luis", "Professor");

    cout << s;

    return 0;
}
```

Exemplo 1

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <map>
#include <iomanip>
#include "cadastroCap21ex14.h"

#ifndef SISTEMA_H
#define SISTEMA_H

using namespace std;

typedef map<string, Cadastro *, less<string> > myMap;

class Sistema {
      friend ostream &operator<<(ostream &, Sistema &);

      public:
            void insere (string, string);

      private:
            myMap m;
};

#endif
```


Exemplo 1

```
#include "sistemaCap21ex14.h"

ostream &operator<<(ostream &output, Sistema &s) {
        for (myMap::const_iterator it = (s.m).begin ();
             it != (s.m).end ();
             it++) {
                output << setw (8) << "Nome: "
                       << (it->second)->getNome() << "\n"
                       << setw (8) << "Cargo: "
                       << (it->second)->getCargo() << endl << endl;
        }
        return output;
}

void Sistema::insere (string n, string c) {
     m.insert (myMap::value_type(n, new Cadastro (n, c)));
}
```


Exemplo 1

```
#include <iostream>
#include <string>

#ifndef CADASTRO_H
#define CADASTRO_H

using namespace std;

class Cadastro {
      public:
            Cadastro (string, string);
            string getNome () const;
            string getCargo () const;

      private:
             string nome, cargo;
};

#endif
```


Exemplo 1

```
#include "cadastroCap21ex14.h"

Cadastro::Cadastro (string n, string c) : nome (n), cargo (c) {}

string Cadastro::getNome () const {
       return nome;
}

string Cadastro::getCargo () const {
       return cargo;
}
```


Exemplo 1

```
#include "cadastroCap21ex14.h"

Cadastro::Cadastro (string n, string c) : nome (n), cargo (c) {}

string Cadastro::getNome () const {
       return nome;
}
```

```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula21-ex14.exe
 Nome: Luis
Cargo: Professor

 Nome: Miguel
Cargo: Professor

Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
```


Leitura Recomendada

- Capítulos 21 do livro
  - Deitel, "*C++ How to Program*", 5th edition, Editora Prentice Hall, 2005